

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1899-1900. — N° 92

VOUTE PLANTAIRE

ESSAI SUR

*Sa Formation, sa Constitution
sa Mensuration pratique*

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 18 Janvier 1900

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GEORGES CASSE

Élève de l'École du Service de santé militaire

Né à Castres (Tarn), le 17 janvier 1876



LYON

IMPRIMERIE PAUL LEGENDRE & C^{ie}

Ancienne Maison A. WALTENER

14, rue Belle-Cordière, 14

—
1900

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1899-1900. — N° 92

VOUTE PLANTAIRE

ESSAI SUR

*Sa Formation, sa Constitution
sa Mensuration pratique*

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 18 Janvier 1900

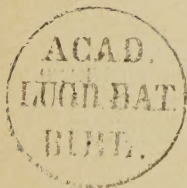
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

GEORGES CASSE

Élève de l'École du Service de santé militaire

Né à Castres (Tarn), le 17 janvier 1876



LYON

IMPRIMERIE PAUL LEGENDRE & C^{ie}

Ancienne Maison A. WALTENER

14, rue Belle-Cordière, 14

—
1900

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET DOYEN.
LACASSAGNE. ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PAULET, CHAUVEAU, BERNE.

PROFESSEURS

Cliniques médicales	}	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements.		OLLIER.
Clinique ophtalmologique		PONCET.
Clinique des Maladies cutanées et syphilitiques.		FOCHIER.
Clinique des Maladies mentales		GAYET.
Physique médicale.		GAILLETON.
Chimie médicale et pharmaceutique		PIERRET.
Chimie organique et Toxicologie		MONOYER.
Matière médicale et Botanique		HUGOUNENQ.
Zoologie et Anatomie comparée		GAZENEUVE.
Anatomie		FLORENCE.
Anatomie générale et Histologie.		LORTET.
Physiologie		TESTUT.
Pathologie interne.		RENAUT.
Pathologie externe.		MORAT.
Pathologie et Thérapeutique générales.		TEISSIER.
Anatomie pathologique.		AUGAGNEUR.
Médecine opératoire.		MAYET.
Médecine expérimentale et comparée		TRIPPIER.
Médecine légale		POLLOSSON (M.).
Hygiène		ARLOING.
Thérapeutique		LACASSAGNE.
Pharmacie.		BARD.
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des Femmes M. LAROYENNE

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Enfants	MM. WEILL,	agrégé.
Maladies des oreilles, du nez et du larynx.	LANNOIS.	—
Accouchements.	POLLOSSON (A.).	—
Propédeutique médicale.	ROQUE,	—
Propédeutique chirurgicale.	GANGOLPHE,	—
Botanique.	BEAUVISAGE,	—

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BEAUVISAGE.	COURMONT.	VALLAS.	PAVIOT.
ROUX.	DEVIC.	SIRAUD.	NOVÉ-JOSSERAND.
POLLOSSON (A.)	COLLET.	DURAND.	BERARD.
ROCHET.	BOYER.	DOYON.	SAMBUC.
ROLLET.	BARRAL.	PIC	BORDIER.
CONDAMIN.	MOREAU.		

M. BEAUDUN, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. SOULIER, Président ; M. LANNOIS, Assesseur ;
MM. DOYON et PIC, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

A MON FRÈRE

A mon Oncle le Docteur ALFRED MELLIER

A mon ami ANDRÉ MERCIER

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur SOULIER

PROFESSEUR DE THÉRAPEUTIQUE

MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

A Monsieur le Professeur PAULET

PROFESSEUR HONORAIRE DES FACULTÉS DE LYON

ET DE MONTPELLIER

ANCIEN PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'APPLICATION DU VAL-DE-GRAVE

MÉDECIN-INSPECTEUR D'ARMÉE EN RETRAITE

A Monsieur le Docteur DESTOT

En tête de ce modeste travail, nous sommes heureux de placer nos vifs remerciements à tous ceux qui ont bien voulu nous donner des marques d'intérêt et des preuves de leur bienveillance.

M. le professeur Soulier nous permettra de lui exprimer notre respectueuse gratitude pour l'honneur qu'il nous fait en daignant accepter la présidence de notre travail. Quand nous nous sommes adressé à lui, il nous a reçu avec une bienveillance que nous ne saurions oublier.

L'idée première de ce travail revient à M. le docteur Destot. Après nous avoir proposé ce sujet d'étude, il nous a secondé dans son élaboration, ne nous ménageant ni ses conseils, ni sa peine; nous tenons à l'assurer de notre affectueuse reconnaissance.

M. le professeur Testut a mis à notre disposition les précieuses ressources de son laboratoire; nous l'en remercions avec sincérité.

Merci enfin à nos premiers maîtres de la Faculté de Montpellier, et aux maîtres civils et militaires que nous avons eus à Lyon.

Au moment de quitter la cité lyonnaise, qu'il nous soit permis d'exprimer tout le regret que nous ressentons à abandonner les deux amis qui sont depuis longtemps déjà nos intimes; les noms des docteurs Prat et Miécamp resteront mêlés à tous les bons moments que nous avons vécus dans ces dernières années. C'est avec un serrement de cœur bien naturel que nous voyons se terminer aujourd'hui notre vie en commun; elle nous a valu de nombreuses heures de gaieté charmante, et a dissipé avec facilité les rares moments de découragement auxquels nous aurions été tenté de nous abandonner.

Nous n'avons garde d'oublier nos camarades de promotion, grâce auxquels il nous a été donné de nouer de bonnes et solides amitiés.

G. C.

INTRODUCTION

Sur les conseils de M. le Docteur Destot nous avons fait de l'étude de l'évolution normale du pied le sujet de notre travail inaugural. L'intérêt de la question est grand, cette évolution ayant pour but d'arriver à doter notre organisme d'une voûte appropriée le mieux possible au support et à la translation du poids du corps.

Nous avons cherché si la pathogénie des différentes déformations de la voûte plantaire n'était pas liée à cette évolution, et si l'on ne pouvait trouver des éléments nouveaux pour apprécier d'une façon plus parfaite les qualités que devait présenter le pied normal.

Le pied de l'homme, considéré en lui-même, a des propriétés distinguant nettement l'espèce humaine, aucun autre animal n'étant possesseur d'une voûte plantaire. Un long exposé pourrait montrer l'importance de ce segment du membre inférieur soit dans les races préhistoriques, soit, au contraire, dans les races modernes, où le pied, résultat d'un long

atavisme, peut arriver à différencier certaines races. Ne sait-on pas que, dans l'art grec, par exemple, les pieds peuvent très bien servir à distinguer des écoles de sculpture différentes, et que, par conséquent, puisqu'ils répondent à des réalités vues par les artistes, on peut en inférer la distinction des races. Ce sont là des questions trop éloignées de notre sujet pour que nous insistions davantage, mais il était bon de faire remarquer que l'attention des anciens peuples a été retenue par la forme de cette extrémité inférieure. Certains sont allés jusqu'à prendre le pied comme appareil de mesure; celui de Charlemagne est resté longtemps, avant le système métrique, le moyen de mensuration le plus employé.

La formation successive des parties épiphysaires, l'orientation des surfaces articulaires observées chez l'adulte sont fonction d'une évolution normale. Vouloir analyser chacune des parties constituantes du pied, en donner les caractères anatomiques, le mode d'assemblage, en indiquer le rôle et le fonctionnement nous semble une besogne trop considérable. Nous désirons nous borner à une étude plus brève et plus précise en portant notre attention sur l'évolution de l'astragale, c'est-à-dire de l'os qui forme la clef de la voûte sur laquelle repose tout l'édifice humain.

En étudiant l'orientation de l'astragale par rapport au pied et aux os de la jambe, les modifications de la structure intime de cet os, nous pensons arriver à démontrer que les principales déformations du pied proviennent de l'exagération ou du défaut de

production des processus physiologiques normaux, soit que l'astragale n'ait pas subi dans le sens horizontal la projection qu'il doit avoir, soit que son angulation même ait été modifiée.

Nous envisagerons d'abord l'étude de l'angle que forment dans le plan horizontal le corps et le col de l'astragale, et son évolution de l'enfance à l'état adulte. Est ce que cet angle de déclinaison de l'astragale est aussi accentué chez l'homme que chez l'enfant? En étudiant ce mouvement de déclinaison nous montrerons qu'il est intimément lié aux phénomènes qui se passent en même temps du côté des deux os de la jambe et de la mortaise tibio-péronière, phénomènes sur lesquels M. le professeur agrégé Jaboulay a le premier attiré l'attention.

La réunion de cet ensemble aboutit à donner à l'astragale et par suite, au pied tout entier, sa direction définitive et normale, direction grâce à laquelle les conditions d'équilibre et de force seront le mieux réalisées, et qui consiste à mettre les pieds dans l'attitude militaire.

La cambrure du pied et l'élévation de la voûte plantaire sont tout entières dominées par la valeur d'un second angle que forment le corps et le col de l'astragale dans le plan vertical. Cet angle varie avec les sujets considérés, et son étude nous fera connaître la constitution du pied normal, du pied creux, du pied plat.

La part importante de l'astragale dans les lésions pathologiques de la voûte ressortira de ces considérations.

L'aboutissant normal de cette étude montrant la formation, la constitution et le rôle de la voûte plantaire, sera la mensuration du pied au moyen d'un appareil qui nous semble pouvoir rendre des services au point de vue pathologique, anthropométrique, mais surtout militaire.

Voici le plan que nous suivrons dans notre travail :

Nous consacrerons notre premier chapitre à étudier l'astragale d'abord à l'état isolé, ensuite dans ses rapports tibio-péroniers, calcanéens et scaphoïdiens.

Nous tenterons l'étude de l'évolution qui a amené l'os à sa forme et à ses connexions définitives, et cela par l'examen successif de l'astragale chez le fœtus, chez l'enfant et chez l'adulte. Nous montrerons l'intime liaison de ces phénomènes d'évolution avec ceux qui se passent en même temps du côté de la mortaise tibio-péronière et du calcanéum. Un aperçu sur leur pathogénie terminera cette étude.

Dans le second chapitre nous étudierons la résultante de ces phénomènes, leur raison d'être, savoir : la formation d'une voûte plantaire telle qu'elle remplisse pour le mieux les conditions d'une bonne marche et d'une statique satisfaisante. Nous envisagerons d'abord la constitution anatomique de la voûte ; passant ensuite à son rôle physiologique, nous verrons que l'accomplissement de la fonction qui lui est dévolue sera plus ou moins parfait suivant la forme et la direction que prendra sa clef de voûte. Ceci nous amènera à étudier, dans une troisième partie pathologique, les diverses formes que peut prendre la voûte plantaire. Nous envisagerons surtout la part

que prend l'astragale à ces variations, part de beaucoup la plus importante, mais qui ne peut se séparer de celle qui revient aux os entre lesquels il est enclavé.

Dans un troisième et dernier chapitre, après avoir montré combien serait grand l'intérêt de connaître la valeur exacte de la voûte plantaire, nous constaterons que tous les moyens employés jusqu'ici pour l'apprécier sont d'une valeur douteuse ou d'une application difficile. Nous proposerons un système nouveau essentiellement pratique et rapide de mensuration. Nous terminerons enfin en nous demandant si ce même moyen de mesure ne peut servir à reconnaître certaines lésions traumatiques du tarse.

CHAPITRE PREMIER

Dans ce chapitre, nous envisagerons d'abord l'astragale à l'état isolé chez un sujet adulte. Nous l'étudierons ensuite dans ses rapports tibio-péroniers, calcanéens et scaphoïdiens. Nous tenterons alors l'étude de l'évolution qui a amené l'os à sa forme et à ses connexions définitives, et cela par l'examen successif de cet os chez le fœtus, chez l'enfant et chez l'adulte. Nous montrerons l'intime liaison de ces phénomènes d'évolution avec ceux qui se passent en même temps du côté de la mortaise tibio-péronière et du côté du calcanéum. Un aperçu sur leur pathogénie terminera cette étude.

A. — *Astragale à l'état isolé.* — L'astragale de l'adulte est un os court, légèrement aplati de haut en bas et allongé dans le sens antéro-postérieur. Laisant de côté l'anatomie descriptive pure, nous considérerons à cet os deux parties essentielles : la première postérieure, corps ; la deuxième antérieure, col ; soudées ensemble suivant deux angles, l'un dans le plan

horizontal (angle de déclinaison) ; l'autre dans le plan vertical (angle d'inclinaison).

La face supérieure du corps est destinée à entrer en contact avec la mortaise tibio-péronière. Elle présente une surface articulaire de forme bien spéciale : tandis que la partie antérieure s'élargit, l'extrémité postérieure, plus étroite, laisse un jeu plus libre à l'os dans la mortaise. Bonnet avait déjà remarqué que, lorsqu'on injecte du liquide dans l'articulation tibio-tarsienne, le pied se met en extension par suite de la disposition que nous venons d'énoncer ; ainsi s'expliquait, pour Bonnet, l'attitude spéciale du pied dans les différentes arthrites tibio-tarsiennes ; en effet, au fur et à mesure que le pied se fléchit sur la jambe, les joues de l'astragale viennent de plus en plus se serrer entre les surfaces articulaires du tibia et du péroné. Dans certains cas, on peut même voir des fractures par flexion forcée, et M. le professeur agrégé Vallas a présenté une observation dans laquelle la mortaise tibio-péronière avait éclaté sous l'impulsion de l'astragale entrant en flexion forcée.

En dehors de cette première particularité, notons que la surface articulaire supérieure de l'astragale, est plus élevé sur son bord externe que sur son bord interne ; l'angle que forme la joue péronière avec cette face supérieure est plus petit et plus tranchant que celui formé par la joue tibiale avec cette même face.

Enfin, si l'on mène une ligne droite antéro-postérieure à égale distance des bords externe et interne, on voit que cette ligne, sensiblement parallèle à la

poulie astragalienne qu'elle laisse un peu en dedans, coupe le col obliquement, c'est-à-dire que l'axe de celui-ci, forme avec cette ligne, un angle tel, que la tête de l'astragale paraît ramenée en dedans. Cet angle, nommé angle de déclinaison, nous l'avons trouvé de 158° , en moyenne, sur une douzaine d'astragales examinés par nous à cet effet.

Si nous regardons maintenant l'os par son côté externe, nous voyons que l'axe du corps et celui du col sont loin d'être dans le prolongement l'un de l'autre, mais qu'ils forment un angle ouvert en bas. Cet angle, nommé angle « d'inclinaison », est estimé à 115° environ par Charpy (1).

Vu par sa face inférieure, l'astragale présente deux facettes articulaires, destinées à entrer en contact avec le calcanéum ; l'antérieure correspond à la partie inféro-interne du col ; la postérieure occupe la plus grande partie de la face inférieure du corps, face qu'elle occupe surtout à sa partie postérieure et externe. Elle est concave dans les deux sens antéro-postérieur et transversal, tandis que la facette antérieure est convexe dans ces deux sens. La partie intermédiaire forme la voûte supérieure du sinus du tarse.

La partie antérieure de l'os, qui n'est autre que la terminaison du col, prend le nom de tête de l'astragale. Elle est tout entière articulaire, séparée du col par un rebord très net en haut et sur les côtés, tan-

(1) CHARPY. — Etudes d'anatomie appliquée, article : « Voûte du pied ».

dis qu'à la partie inférieure, elle se continue insensiblement avec la surface articulaire que nous avons trouvée à la partie inféro-interne du col.

Sur les deux parties fondamentales, corps et col, viennent se greffer des parties accessoires. A la partie postérieure du corps, on trouve quelquefois ce que Grüber a appelé le *talus secundarius*, Bardeleben l'*os trigone*, et Jaboulay (1) l'*épiphyse de l'astragale*. Cette épiphyse « siège au lieu et place de la lèvre externe de la gouttière destinée au tendon du long fléchisseur propre du gros orteil » (Jaboulay). Au point de vue de sa fréquence, disons que Poirier la note vingt fois sur cent onze cas, et que ce même auteur l'a rencontrée deux fois à l'état d'os distinct de l'astragale. Signalons l'erreur de Shepperd, lequel, trouvant cette épiphyse détachée, concluait à une fracture. A la partie inférieure de la face externe, au-dessous de la facette s'articulant avec le péroné, nous voyons l'apophyse externe de l'astragale; cette apophyse se relève légèrement en dehors à sa partie terminale.

Astragale considéré dans ses rapports. — Si nous étudions maintenant l'astragale dans ses rapports, nous voyons que cet os, entouré de cartilages dans presque toute son étendue, a des connexions nombreuses. Le plus élevé des os du tarse, il se trouve situé à la partie postérieure du pied, au-des-

(1) JABOULAY. — L'épiphyse de l'astragale et l'épiphyse du scaphoïde. *Lyon Medical*, 1889.

sous de la mortaise tibio-péronière, au-dessus du calcanéum et en arrière du scaphoïde.

Rapports tibio-péroniers. — Nous les étudierons par trois coupes successives : sagittale, frontale, horizontale. Le sujet étant dans la station verticale, une coupe sagittale par le milieu de l'articulation tibio-tarsienne montre que la surface articulaire du tibia ne recouvre pas complètement la surface correspondante de l'astragale, mais laisse à découvert, en avant et en arrière, une partie de la poulie astragaliennne. De plus, la poulie astragaliennne ayant un rayon de courbure plus faible que celui de la poulie tibiale, on voit que les deux surfaces articulaires, dans la position précitée, sont séparées en avant et en arrière par un petit espace. Dans la flexion du pied sur la jambe, cet espace disparaît en avant et s'exagère en arrière ; dans l'extension, au contraire, il disparaît complètement, ce qui montre que le rayon de la courbure de poulie astragaliennne est plus faible en avant qu'en arrière. L'excès de surface articulaire que l'on constate en faveur de l'astragale est destiné à permettre les mouvements de flexion et d'extension, lesquels se passent dans le sens sagittal ; l'arc parcouru de l'extrême extension à la flexion forcée varie de 70° à 90° , d'après Poirier. Pour ce même auteur, ces mouvements se font autour d'un axe transversal qui passe par le corps de l'astragale, et répond à l'axe du cylindre, ou pas de vis, auquel appartient la poulie astragaliennne ; cet axe s'incline un peu en dehors et en arrière par son extrémité externe. Le mouvement

d'extension est limité par la tension des fibres antérieures de la capsule et par celle des faisceaux antérieur et moyen des ligaments latéraux. Les mouvements de flexion sont limités, disent la plupart des auteurs, par la tension des faisceaux postérieurs des ligaments latéraux et surtout par le contact du bord antérieur de la mortaise avec la partie supérieure du col astragalien. Poirier s'élève contre cette manière de voir ; pour lui, les faisceaux postérieurs des ligaments latéraux et le faisceau moyen du ligament latéral interne entrent seuls en jeu ; cet auteur tient aussi compte de la tension du triceps sural qui a lieu avant la tension des ligaments. La preuve que le contact invoqué n'est pas nécessaire, dit Poirier, c'est que ce contact répété fait apparaître, quand il se produit, des facettes cartilagineuses, fait observé rarement.

Une coupe frontale nous permet de compléter les rapports de l'astragale avec la mortaise. L'astragale se montre solidement enclavé dans la mortaise, la malléole péronière descendant sensiblement plus bas que la malléole tibiale. Le poids du corps est tout entier transmis par le tibia, lequel n'est secondé, dans cette tâche, que d'une façon tout à fait insignifiante par le péroné, appuyant sur la face externe de l'astragale, laquelle face se recourbe légèrement en dehors à la partie inférieure.

L'astragale est solidement maintenu entre les deux malléoles et, normalement, on ne doit percevoir aucun mouvement de latéralité dans l'articulation tibio-tarsienne. Toutefois, les auteurs ne sont pas

unanimes sur cette question. M. le professeur Testut dit en propres termes : « Les mouvements d'abduction, d'adduction et de rotation, sont extrêmement limités dans l'articulation du cou-de-pied, si tant est qu'ils y existent dans les conditions normales ; toutefois, cette articulation n'est pas complètement étrangère à ces mouvements » (1). On ne saurait trop se prononcer après cet avis. Tillaux est beaucoup plus affirmatif dans le sens contraire : « Après un traumatisme d'une articulation saine, dit-il, si l'on constate des mouvements de latéralité, on a un signe pathognomonique de fracture d'une de ses malléoles » (2).

Disons enfin, qu'une coupe horizontale du cou-de-pied, passant par les deux malléoles, nous montre que la malléole externe est située dans un plan postérieur, par rapport à la malléole interne, ce qui donne à la mortaise tibio-péronière une direction oblique en avant et en dehors.

Les rapports calcanéens nous seront donnés par deux coupes : l'une sagittale, l'autre frontale. Une coupe sagittale, passant par le milieu de l'astragale, nous montre cet os appuyant par sa partie inférieure sur le seul calcanéum. Cet appui se fait à l'aide de deux facettes que nous avons étudiées plus haut ; mais l'appui postéro-externe est dans un plan plus élevé que l'appui postéro-interne.

Une coupe frontale, passant en étrier sous le pied,

(1) TESTUT. — Anat. descriptive, t. 1, p. 595.

(2) TILLAUX. — Anat. topographique.

fait voir l'astragale déjeté en dedans par rapport au calcaneum ; celui-ci empêche l'os sus-jacent de basculer à la partie interne, au moyen de la petite apophyse. L'articulation astragalo-calcaneenne est très mobile ; c'est le siège principal des mouvements d'adduction, d'abduction et de rotation du pied sur la jambe. Poirier fait remarquer que les mouvements suivant les axes vertical et antéro-postérieur sont inséparables, qu'ils ont été isolés artificiellement, et qu'il convient de les réunir en un mouvement unique auquel il propose de donner le nom de « mouvement de torsion en dedans et de torsion en dehors ». « En effet, dit cet auteur, impossible d'obtenir une adduction pure, j'entends sans élévation du bord interne du pied, et, réciproquement, l'élévation du bord interne est toujours accompagnée de l'adduction de la pointe ».

Poirier place les mouvements de torsion en dedans ou en dehors, dans les articulations sous et pré-astragaliennes. Dans ces mouvements de torsion, la face inférieure du corps de l'astragale peut venir appuyer sur la grande apophyse du calcaneen, revêtue à ce niveau de forts ligaments ; il se forme alors, à ce niveau du corps de l'astragale, une facette articulaire se continuant avec la facette postéro-externe. Ce prolongement articulaire a été signalé récemment par Morestin (1).

On voit donc l'importance de l'astragale, os autour duquel s'exécutent tous les mouvements du pied :

(1) MORESTIN. — *Bul. Soc. anatomique*, 1894.

extension, flexion, torsion en dehors et en dedans, celle-ci se complétant dans l'articulation de Chopart.

Les rapports astragalo-scaphoïdiens sont, pour ainsi dire, inséparables des précédents. L'astragale, en effet, transmet le poids du corps en grande partie au calcanéum, mais aussi au scaphoïde et, par l'intermédiaire de ce dernier, aux trois cunéiformes. Poirier va plus loin et réunit en une seule les trois articulations astragalo-scaphoïdienne, calcanéo-cuboïdienne et astragalo-calcanéenne, articulation à laquelle il donne le nom d'*articulation de l'entorse*. Anatomiquement, on retrouve l'intimité de ces rapports : le ligament calcanéo-scaphoïdien, en effet, est un trait d'union entre la surface articulaire antéro-interne du calcanéum et la surface articulaire postérieure du scaphoïde ; il complète la cavité de réception de la tête astragaliennne et, chez certains sujets, on voit la surface articulaire de la tête de l'astragale se continuer directement avec la surface articulaire antéro-interne du même os. Une coupe sagittale nous montre la tête de l'astragale s'emboîtant dans la cavité de réception du scaphoïde, celle-ci étant dirigée, pour recevoir les pressions venues de l'astragale, en haut et en arrière.

Pour résumer cet exposé aride des rapports de l'astragale, nous dirons que cet os, emboîté dans la mortaise tibio-péronière, laquelle pèse sur lui de toute la force du poids du corps, transmet ce poids en arrière au calcanéum qui résiste par sa surface articulaire postéro-externe et par sa petite apophyse, en avant au scaphoïde, disposé pour emboîter la tête

astragaliennne. Enfin, en considérant le pied en totalité, on voit que l'astragale constitue le sommet d'un éventail à trois branches représentées par les trois premiers métatarsiens. La direction vraie de l'astragale correspond à la bissectrice de ce triangle, car, en coupant un astragale en son milieu par un trait de scie donné très exactement sur un pied revêtu de ses parties molles, on voit que ce trait laissera complètement en dedans le gros orteil, et viendra affleurer le second métatarsien à sa partie interne ou médiane. C'est ce que montre une coupe faite par Tillaux dans son *Traité d'anatomie topographique* et ce que nous avons trouvé nous même plusieurs fois.

B. — *Etude du développement qui aboutit à cet état définitif.* — Nous venons d'étudier l'astragale normal arrivé à l'état adulte, nous le connaissons maintenant dans sa forme et dans ses rapports. Mais cette forme et ces rapports sont-ils les mêmes à tout âge, la dimension seule variant de l'enfant à l'homme fait? Nous tranchons la question par la négative, et nous allons essayer de montrer les différentes phases suivies par cet os pour arriver à être définitivement fixé dans sa configuration et dans ses connexions. Nous avons examiné, à cet effet, des astragales chez des sujets de tout âge et consignons, dans les figures ci-jointes, les résultats pour des sujets ayant les âges suivants :

Fœtus à terme, enfant de 15 jours, enfant de 23 mois, homme adulte.

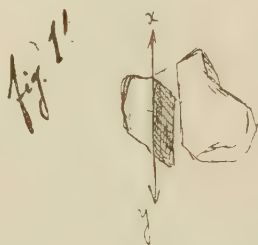
Le fœtus à terme a son pied dans l'attitude du varus. En examinant l'astragale en place, nous voyons cet os dans une position spéciale commandée par cette attitude ; la direction générale de l'os, tend à se rapprocher de la verticale ; elle est oblique en bas et en dedans, de plus la face supérieure du corps est dirigée fortement en dedans, le bord externe de la poulie étant beaucoup plus élevé que le bord interne ; la petite apophyse du calcanéum qui, chez l'adulte, soutient la partie interne de l'astragale, ne peut corriger cette attitude.



Fig. 1

Considéré à l'état isolé, nous voyons que l'astragale du fœtus à terme (Voyez fig. 1), présente les mêmes éléments (corps, col et tête) qu'il possèdera plus tard ; mais ces divers éléments ont leurs dimensions relatives plus ou moins moins modifiées ; c'est ainsi que le col a des dimensions plus grandes, par rapport au corps que sur un sujet adulte. L'exagération de longueur du col porte surtout sur le bord externe ; ce que l'on remarque ensuite, d'une façon frappante, c'est la projection en dedans de la tête astragalienne par rapport au corps, c'est-à-dire la diminution de ce que nous avons appelé *l'angle de déclinaison* du col sur le corps. Nous avons mesuré

sur cinq astragales de fœtus cet angle de déclinaison ; pour l'établir, nous sectionnons, au préalable, selon un plan horizontal, l'astragale, afin qu'il repose bien à plat sur une feuille de papier ; nous tendons ensuite un fil suivant la gorge de la poulie astragaliennne facilement perceptible ; ce fil prolongé en avant et en arrière, nous donne une ligne $x\ y$ indiquant l'axe du corps ; une seconde ligne $o\ s$, menée à égale distance des bords interne et externe du col, nous donne l'axe de ce dernier. Nous avons trouvé 135° en moyenne pour l'angle de déclinaison chez le fœtus à terme.



Une autre remarque, facile à faire, et dont nous avons consigné le résultat dans la figure 1', est la suivante : en faisant une coupe verticale du corps de de l'astragale suivant l'axe $y\ z$, on laisse en dedans toute la tête astragaliennne et une faible partie du bord externe du col. Un simple coup d'œil sur la figure 5 montre que la même coupe donne un résultat tout différent chez l'adulte.

A quinze jours, les résultats sont encore à peu près semblables ; sur le sujet examiné par nous (fig. 2), nous avons trouvé 139° , comme valeur de l'angle de

déclinaison ; c'est donc une *augmentation* sur le fœtus à terme. Peut-être qu'il faut tenir compte de variations individuelles, et que des examens multiples infirmeraient cette assertion, mais rien n'est moins sûr. Une coupe suivant l'axe $x y$, n'entame pas encore la tête astragalienne.



Fig. 2

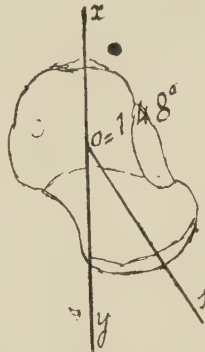


Fig. 3

Les résultats deviennent plus affirmatifs, si l'on considère un sujet de douze ans. La fig. 3 représente l'astragale d'un enfant de 23 mois. L'angle de déclinaison nous a donné 148°, c'est-à-dire une augmentation indiscutable sur le sujet précédent. La gorge de la poulie, prolongée suivant $x y$, entame à peine la tête astragalienne à sa partie externe.

Sur un enfant de trois ans et demi, nous avons (fig. 4) un angle de déclinaison d'une valeur de 153°. De plus, il est à remarquer que la coupe verticale suivant l'acte de la poulie $x y$, laisse en dehors une petite partie de la tête astragalienne.

Nous arrivons à l'adulte. Une douzaine d'astragales examinés nous ont donné une moyenne de 158° pour l'angle de déclinaison. En examinant la fig. 5,

nous voyons que l'axe xy prolongé coupe la tête astragalienne entre son tiers externe et ses deux tiers internes.

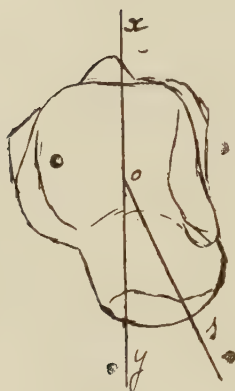


Fig. 4

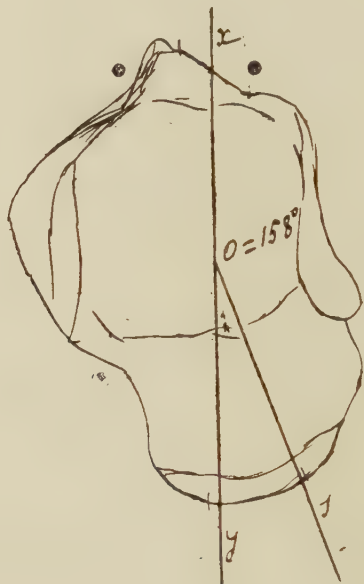


Fig. 5

Nous résumerons ces recherches sur l'angle de déclinaison en disant que cet angle augmente progressivement depuis le fœtus jusqu'à l'adulte, et que cette augmentation s'accompagne d'un raccourcissement du col par rapport au corps, raccourcissement qui a lieu surtout aux dépens du bord externe du col.

Ces modifications ne sont pas les seules qui se passent du côté du col ; celui-ci subit une évolution suivant son axe antéro-postérieur, fait mis en évidence par les préparations de Küstner. L'ovale astragalien tend à devenir vertical en abaissant son extrémité

interne et en relevant l'externe (Jaboulay) (1).

Les modifications que subit l'astragale dans le plan vertical sont beaucoup plus délicates à étudier, l'axe du col et l'axe du corps sont très difficilement déterminés et nous n'avons trouvé aucune base certaine pour suivre les modifications de l'angle d'inclinaison, si ces modifications existent. Cet angle d'inclinaison, degré de cambrure de l'astragale, est d'une importance capitale à connaître, car il domine la valeur de la voûte plantaire. Charpy indique le moyen de l'apprécier chez l'adulte :

« Pour mesurer la voûte plantaire, il n'y a qu'un
« moyen : mesurer l'angle compris entre les deux
« portions de l'arc qui la constitue sur son côté
« interne. La courbure de cet arc est donnée par la
« structure intérieure du squelette. Les deux sys-
« tèmes de fibres qui descendent de l'astragale nous
« représentent les deux lignes de poussée de l'arc
« interne, et l'angle sous lequel elles se croisent dans
« l'astragale est la vraie mesure de ce côté de la
« voûte ». Charpy donne, comme points de repère
extérieurs la dépression du col astragalien, le point
le plus saillant du talon, le pli digito-palmaire du
gros orteil. On conçoit que tous ces éléments soient
délicats à apprécier chez le nouveau-né. De plus,
chez le fœtus, il ne saurait être question de systèmes
de fibres descendant de l'astragale, puisqu'à cet âge
nous trouvons un simple petit noyau osseux répon-
dant à l'union du col et du corps, et entouré de toutes

(1) *In thèse*, TOUBERT, Lyon 1890.

parts d'un cartilage donnant à l'os sa forme extérieure.

Malgré ces difficultés, on a cherché à apprécier la cambrure du pied, c'est-à-dire de l'astragale, chez les enfants. Retterer fait observer, dans les études sur l'embryon et le fœtus, que les sept segments du tarse constituent en tous sens une voûte longtemps avant que l'organisme soit en état d'en faire usage pour la marche ou pour la station. Mais Charpy lui-même dit se méfier des mensurations de la voûte chez le fœtus, la flexibilité rendant les mesures difficiles. Sur des fœtus de cinq et six mois il a trouvé un angle d'inclinaison de 125° à 130° ; à un ou deux ans, la première marche, il trouve uniformément 120° .

On peut en conclure que l'angle d'inclinaison existe de bonne heure chez l'embryon et se cambre de plus en plus en avançant vers l'âge adulte. Charpy prétend même que cette évolution continue dans la vieillesse ; des mensurations sur des vieillards lui ont donné 115° et 110° .

Voilà les modifications intrinsèques subies par l'astragale depuis la naissance jusqu'à l'état adulte. Sa position, relativement aux os voisins a changé elle aussi, en même temps que disparaissait l'attitude en varus ; le bord interne de la poulie astragaliennne s'est élevé, tandis que le bord externe s'est abaissé. La direction générale de l'os s'est rapprochée de l'horizontale ; la tête de l'astragale d'une part, la facette cuboïdienne du calcanéum, d'autre part, ont changé leur position relative ; « la facette astragaliennne placée d'abord au-dessus de la facette calcanéenne,

« plutôt qu'à côté, et avec un grand axe presque
« horizontal, se redresse peu à peu en subissant une
« sorte de rotation rapprochant son grand axe de la
« verticale et amenant l'extrémité inférieure de l'os
« *à côté* et non plus *au-dessus* de la facette du
« calcanéum » (1) (Jaboulay).

Telle est l'évolution accomplie par l'astragale pour arriver à son état définitif dans sa forme, pour occuper sa position normale par rapport aux os qui l'entourent.

C. — *Exposé pathogénique du développement normal de l'astragale.* — Les transformations que nous venons de suivre pour l'astragale ne se passent pas à l'état isolé. Des changements concomittants s'effectuent forcément du côté des os voisins, puisque l'astragale change sa position; on ne saurait tenter d'expliquer la pathogénie de l'évolution astragaliennne sans esquisser les modifications qui ont lieu du côté de la mortaise tibio-péronière du côté du calcanéum et du scaphoïde.

L'astragale et les os voisins ont évolué d'une certaine façon qui, en fin de compte, a abouti à l'état définitif de forme et d'orientation de l'astragale, le tout donnant au pied sa forme et sa direction normales. Voyons rapidement les phénomènes qui se sont passés.

D'abord, du côté de la mortaise tibio-péronière : en prenant le squelette de la jambe d'un enfant

(1) TOUBERT. — *Loco citato*.

nouveau-né, en le regardant par-dessus le plateau tibial, on constate que le plan transversal allant d'une malléole à l'autre est sensiblement parallèle au plan transversal allant de l'extrémité interne à l'extrémité externe du plateau tibial. Sur un sujet adulte, au contraire, on remarque que les deux os de la jambe ont subi, suivant leur axe longitudinal, un mouvement de torsion tel que la malléole interne paraît ramenée en avant, la malléole externe ramenée en arrière; la direction de la mortaise se trouve ainsi reportée en dehors. L'astragale étant, nous l'avons vu, solidement enclavé dans la mortaise, suivra ce mouvement; son corps par cela même, verra sa direction reportée, elle aussi, en dehors. C'est ce qui résulte des recherches faites sur la déclinaison de la mortaise tibio-péronière par M. le professeur agrégé Jaboulay. On voit, dans les exemples pris par cet auteur, que le bord antérieur du tibia tend de plus en plus à prendre la forme d'un S italique allongé dont les boucles tendent à se fermer avec les progrès de l'âge; la rotation qui en résulte autour de l'axe vertical du tibia amène fatalement le poids du corps de plus en plus du côté externe du pied.

Du côté du calcanéum, des transformations importantes se passent dans la petite apophyse. MM. les médecins-majors Toubert (1) et Terrasse (2) les ont

(1) TOUBERT. — *Loc. cit.*

(2) TERRASSE. — Ankylose calcanéo-astragalo-scaphoïdienne dans le pied plat valgus douloureux (Thèse de Lyon, 1892).

très bien étudiées. Chez le nouveau-né, font-ils remarquer, cette apophyse regarde en dedans dans le sens transversal et est à peu près horizontale d'avant en arrière. Au fur et à mesure que le sujet grandit, elle s'élève en masse au-dessus du col du calcanéum, en même temps qu'elle plonge par son extrémité antérieure. L'orientation transversale change elle aussi ; au lieu d'être dirigée en dedans, elle regarde bientôt directement en haut et, finalement, en dehors. La résultante donne une petite apophyse regardant en haut, en avant et en dehors. Dans ce mouvement, la petite apophyse tend à rejeter en haut l'extrémité de l'ovale astragalien, que nous avons vu évoluer en sens inverse, comme pour le ramener à l'horizontale. M. le professeur agrégé Jaboulay a montré que, lorsque l'ovale astragalien a trop tourné, la petite apophyse du calcanéum se développe davantage pour relever, en haut, l'extrémité inférieure de l'ovale, et inversement ; on voit, par là, l'intimité de ces deux phénomènes. Quant au scaphoïde, sa surface articulaire destinée à l'astragale, suit l'évolution de l'ovale astragalien et s'adapte aux formes de ce dernier. Le fond de la cupule, recevant la tête astragalienne, correspond chez le fœtus à l'axe du gros orteil ; il tend à se déplacer et vient occuper à l'âge adulte plutôt la direction de l'axe du second métatarsien prolongé.

Maintenant que nous connaissons ces phénomènes, nous pouvons nous demander quel est celui d'entre eux qui prime les autres, ou si chacun est indépendant.

Est-ce le changement de direction de la mortaise tibio-péronière signalé par M. le professeur agrégé Jaboulay, qui imprime sa direction à l'astragale et corrige l'attitude en varus du fœtus ? Cette attitude disparaît-elle, au contraire, sous l'influence de la direction imprimée par la poussée de la petite apophyse du calcanéum, ou par le seul effet de la diminution de l'angle de déclinaison de l'astragale ? Nous croyons, pour notre part, que ces phénomènes sont intimément liés les uns aux autres.

Pour que le pied du nouveau-né arrive à l'état adulte bien conformé, il faut qu'il subisse les diverses transformations que nous avons signalées du côté de la mortaise, du côté calcanéum et du côté de l'astragale. Ces diverses modifications ne sont pas, à notre avis, cause ou effet les unes des autres, mais elles ont lieu toutes simultanément, la malformation de l'une amenant la défectuosité de l'autre ; c'est ainsi, nous l'avons déjà dit, que M. le professeur agrégé Jaboulay a remarqué qu'à un ovale astragalien ayant trop tourné, correspondait une petite apophyse calcanéenne plus développée. Tous ces phénomènes sont subordonnés les uns aux autres ; ils sont destinés à donner au pied et à la voûte plantaire leur forme la plus parfaite. Pour cela, ils concourent tous à donner à l'astragale, la clef de voûte, la forme et la direction convenables, chacun apportant sa petite part à la construction régulière de l'édifice. On voit par là l'importance capitale de l'astragale dans la constitution de l'architecture du pied ; c'est lui qui donne sa valeur à la voûte et les autres os concourent à la

bonne formation de cette voûte en agissant sur l'astragale pour le maintenir en bonne place et en bonne position; l'astragale complète la tâche pour sa part en subissant en lui-même l'évolution que nous avons étudiée. Mais quelle est la cause qui régit le tout et pourquoi ces divers éléments osseux prennent-ils la forme et la direction que nous leur connaissons ?

Pour Lorenz et Volkmann, les os du pied subissent une évolution naturelle, les amenant à former la voûte plantaire, et cela *malgré*, et non *à cause de*, l'influence du poids du corps : « Qu'il survienne, pour une raison inconnue, un trouble dans cette évolution, la voûte ne se constituera pas, ou bien elle s'affaîssera si elle existait déjà ».

Que le poids du corps ne vienne pas entraver l'évolution normale que nous avons étudiée, c'est évidemment vrai; mais il nous semble que c'est lui, au contraire, qui dirige tout; que tous les phénomènes qui se passent sont sous la dépendance de l'adaptation à la fonction qui va être dévolue à l'organe, savoir: soutenir le poids du corps durant la station et pendant la marche. Nous allons essayer d'expliquer ainsi les phénomènes évolutifs que nous avons vus.

Si l'on considère le pied en tant que base de sustentation, on est amené à le comparer à un trépied ayant ses trois points d'appui, l'un postérieur, les deux autres antérieur externe et antérieur interne. En se réunissant avec le postérieur, les deux points antérieurs forment respectivement l'un l'arc externe, l'autre l'arc interne. Schématiquement on

peut supposer que le poids du corps se transmet suivant une verticale aboutissant au sommet du tré-pied surélevé au-dessus du sol ; à ce sommet correspond l'astragale.

Admettons, pour l'instant, que les branches interne et externe soient égales comme longueur, la postérieure étant commune ; nous aurons ainsi une sorte de pied photographique dont l'astragale représenterait la plateforme sur laquelle tout repose.

Il est certain qu'avec un pareil système de sustentation si l'on déplace sur cette plate-forme le centre d'appui, le système ne sera plus en équilibre aussi stable ; si, par exemple, le pied postérieur restant fixe, on fait porter la masse sur une des deux branches antérieures, l'autre tendra à quitter le sol, et l'équilibre sera compromis. Il faut donc que la masse soit répartie sur les deux pieds antérieurs ; pour ce faire le point d'appui tend physiologiquement et de lui-même, par suite du parallélogramme des forces, à occuper la bissectrice de l'angle que forment entre eux les deux pieds antérieurs. Voilà comment nous comprendrions la série des phénomènes : *In utero*, l'enfant a les pieds en varus ; tant que le squelette n'a pas la consistance nécessaire pour soutenir le poids du corps, les choses restent à peu près en état. Sitôt que l'enfant va marcher, le premier effet de la mise du pied au sol sera de reporter l'appui interne antérieur vers la bissectrice de l'angle. Le poids du corps, en effet, est transmis par l'astragale au calcanéum et de là par le cuboïde à la partie externe ; mais le col de l'as-

tragale transmet lui aussi une grande partie de la force, et comme il existe un point d'appui externe déjà, le col a de plus en plus tendance à venir se fusionner avec ce point, il appuiera donc davantage à la partie externe qu'à la partie interne; de là le raccourcissement observé sur le bord externe du col d'après la loi suivante: « Tout os tend à s'accroître aux endroits qui cessent d'être comprimés, tandis qu'une augmentation de pression sur un point a pour conséquence un arrêt d'accroissement de la partie correspondante » (1) (Loi de Hoffa-Volkmann)

D'autre part, pour que le point d'appui sur le calcanéum soit le plus résistant possible, il faut que la verticale représentant le poids du corps, tende à tomber de plus en plus sur le milieu du calcanéum, et non pas seulement sur sa petite apophyse et son bord interne. Cette condition se trouve réalisée, en partie, par la rotation des deux os de la jambe, lesquels ramènent ainsi de plus en plus l'astragale sur un plan solide. Sans cette rotation, la pression exercée par l'astragale se trouvant porter à faux sur la corniche constituée par la petite apophyse, amènerait, peu à peu, un mouvement de bascule du calcanéum suivant son axe antéro-postérieur, et l'évertement en dedans de tout cet os (fig. 6 et 7). Ce fait s'observe en pathologie; dans certains cas de pied plat valgus douloureux, le calcanéum, qui ne supporte plus le poids du corps, a tourné sur son axe

(1) KENIG — *Traité de Pathologie chirurgicale* (Traduction Comte).

antéro-postérieur et, dans une pièce que nous avons pu examiner, la pointe de la malléole péronière avait pénétré perpendiculairement dans sa face externe. Enfin, au fur et à mesure que le pied abandonne la position du varus, il appuie de moins en moins sur la petite apophyse du calcanéum ; c'est peut-être ce fait qui, en vertu de la loi de Hoffa-Volkman, contribue au développement progressif de la petite apophyse et à son changement d'orientation.

CHAPITRE II

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié l'astragale, puis son évolution, en essayant d'interpréter la pathogénie de cette dernière. Nous n'avons pu le faire sans porter notre attention sur ce qui se passait du côté des os voisins. Il nous faut, dans le présent chapitre, étudier la résultante de ces phénomènes, leur raison d'être, savoir : la formation d'une voûte plantaire, telle, qu'elle remplisse pour le mieux les conditions d'une bonne marche et d'une station satisfaisante.

Nous envisagerons d'abord la constitution anatomique de la voûte ; passant ensuite à son rôle physiologique, nous verrons que l'accomplissement de la fonction qui lui est dévolue, est plus ou moins parfaite, suivant la forme et la direction que prendra sa clef de voûte.

Ceci nous amènera à étudier, dans une troisième partie pathologique, les diverses formes que peut prendre la voûte plantaire.

Comme nous l'avons dit dans notre introduction,

nous envisagerons surtout la part que prend l'astragale à ces variations, part de beaucoup la plus importante, mais qui ne peut se séparer de celle qui revient aux os entre lesquels il est enclavé.

A. — *Constitution anatomique de la voûte plantaire.* — La voûte plantaire varie dans l'espèce humaine avec différentes races, et dans ces races elles-mêmes, elle donne un caractère spécial à chaque pied. On peut l'apprécier grossièrement sur un pied revêtu de ses parties molles, mais on n'a sa véritable mesure, qu'en connaissant la constitution exacte de la charpente osseuse ; celle-ci, en effet, est la voûte elle-même ; sur elle viennent se greffer les organes destinés à la mouvoir et à la nourrir.

La structure de la voûte plantaire a fait l'objet de travaux nombreux, principalement en Allemagne. En France la question nous paraît avoir été mise au point par Charpy (1), dans une remarquable étude à laquelle nous avons fait de larges emprunts.

L'opinion généralement admise jusqu'au travail de cet auteur était que la voûte plantaire représentait un arceau à trois piliers. Le pilier postérieur représenté par la face inférieure du calcanéum, ou pour mieux dire par ses deux tubérosités externe et interne ; le pilier antérieur et interne étant la tête volumineuse et saillante vers la plante du premier métatarsien ; le pilier antérieur et externe étant la tête des quatrième et cinquième métatarsiens ; ordi-

(1) CHARPY. — *Loco citato.*

nairement les auteurs ne parlaient même que du cinquième, à tort toutefois, car les deux appuient sur le sol, le quatrième marquant même une plus forte empreinte ; c'est également à tort que M. le docteur X. Delore, dans un article tout récent paru dans le *Lyon Médical* (1) tombe dans l'excès contraire et considère comme nulle l'action du cinquième métatarsien en tant que support. En avant des têtes métatarsiennes les orteils forment un appui accessoire à peu près nul durant la station, important dans la marche « au moment où le pied achève son déroulement et va quitter le sol ». La couche épaisse de graisse située au-dessous des têtes métatarsiennes est doublée d'une peau rugueuse, le tout formant le *talon antérieur*.

Szymanowski assimile les deux pieds réunis à une coupole, ce que l'on ne saurait imaginer, cette attitude étant contre nature, et la pression étant dans une coupole uniformément répartie sur toute la circonférence.

Hermann von Meyer (de Zurich) considère le pied comme un assemblage contenant des appareils pour la station et d'autres pour la marche ; dans tous la charge du corps se transmet par l'astragale. L'appareil de marche est surtout le système de voûte du gros orteil. L'appareil de station est la voûte élémentaire, laquelle est centrale et médiane, constituée par le calcanéum, le cuboïde le troisième .

(1) DELORE. — Voûte du pied au point de vue anatomique
Lyon Médical 1899.

cunéiforme et le troisième métatarsien, complétée par le scaphoïde et l'astragale. Les groupes interne et externe des métatarsiens ne seraient que des contreforts agissant dans les inclinaisons latérales du corps.

Charpy repousse complètement cette manière de voir. L'appui médian antérieur, dit-il, n'est pas l'appui fondamental pour plusieurs raisons : la forme cintrée dans le sens transversal des cinq métatarsiens éloignant toujours du sol la tête du troisième métatarsien, même dans la marche ; l'articulation du troisième métatarsien avec le scaphoïde et non avec le cuboïde ; l'absence de callosité médiane. « Tout ce qu'on peut admettre, c'est que le troisième métatarsien forme une pièce neutre ou d'union entre les deux arcs, solidarissant le système du squelette ». L'opinion de Charpy est peut-être ici un peu trop exclusive. En effet, il n'est pas rare d'observer un durillon médian, impliquant l'appui des deuxième et troisième métatarsiens. Si, à l'état de repos, les ligaments et les muscles tendent à éloigner du sol les têtes des deuxième et troisième métatarsiens, du moins ne peut-on pas affirmer d'une façon absolue que, dans la marche, surtout dans la course et le saut, ces deux métatarsiens, ne prêtent pas un concours effectif dans l'appui du pied. La physiologie pathologique vient corroborer cette idée par deux affections spéciales : la maladie de Morton, portant sur le quatrième métatarsien, et les fractures spontanées des métatarsiens avec prédominance sur les deuxième et troisième, ne pourraient s'expliquer

si l'on admet exclusivement des points d'appui sur le premier, le quatrième et le cinquième. Le premier métatarsien, avec ses sésamoïdes, constitue le point d'appui interne principal, le seul en jeu dans la station verticale immobile ; mais on ne peut, nous semble-t-il, refuser aux deux suivants une action dans la marche, ne fût-ce que dans le temps où le pied s'est presque totalement déroulé sur le sol, et où l'appui devient digital ; ces deux métatarsiens entrent alors en jeu, leur longueur étant plus considérable que celle de leurs voisins.

Lorenz (1) considère le pied comme formé par une double voûte, interne et externe, la voûte externe étant la seule utile ou même nécessaire, et la voûte interne étant un appareil de perfectionnement.

Humphry (2) admet, lui aussi, ces deux voûtes ; mais à l'encontre de *Lorenz*, il considère l'interne comme étant la voûte fondamentale.

Enfin *Charpy*, et son opinion nous semble être l'expression de la vérité, admet, lui aussi, la juxtaposition de deux voûtes, de deux arcs, mais il interprète d'une façon différente de celle de ses prédécesseurs : « L'arc externe est essentiellement l'arc d'appui, l'arc interne étant celui du mouvement ». Etudions ces deux parties constituant la voûte plantaire.

Arc Externe. — Il est formé par un cintre très

(1) *LORENZ.* — Plattfuss (Wien, 1883).

(2) *HUMPHRY.* — Plat foot and planter arch (*Journ. of Anatomy*, 1886).

surbaissé, constitué par la plus grande partie du calcanéum (portion externe et une partie de la portion interne) le cuboïde et les deux derniers métatarsiens. Son sommet apparent est situé sur le bord supérieur du cuboïde. Son sommet réel est donné par la structure intime du tissu osseux ; il se trouve à la jonction de la grande apophyse avec le corps du calcanéum, en un point marqué par un noyau compact, et correspondant à l'insertion du ligament interosseux.

Arc Interne. — Il est plus élevé et possède une courbure plus accentuée que le précédent. C'est l'arc du mouvement ; les éléments entrant dans sa constitution sont l'astragale, le calcanéum, le scaphoïde, les trois cunéiformes et les trois premiers métatarsiens. Charpy considère le troisième cunéiforme et le troisième métatarsien comme étant surtout une pièce d'union entre les deux arcs interne et externe. Nous avons déjà discuté cette opinion.

La moitié postérieure comprend le corps de l'astragale et du calcanéum ; la portion calcanéenne est commune avec l'arc externe, mais « vraisemblablement » c'est surtout la tranche interne de l'os qui entre en jeu pour l'arc interne, les deux tubérosités étant rattachées chacune à leur arc correspondant. Au sommet est l'astragale, clef de voûte ; au milieu de son tissu les travées se partagent en deux directions, lesquelles donnent la mesure de l'arc interne et se dirigent vers les points d'appui.

La structure intime de la voûte plantaire est donnée par la direction des fibres osseuses de ses divers

éléments constitutifs. Pour l'arc externe, on voit les fibres des quatrième et cinquième métatarsiens se continuer en arrière à travers le cuboïde, à travers la grande apophyse du calcaneum, pour venir se croiser avec les fibres venues de la tubérosité calcaneenne externe : le point de croisement est le sommet de l'arc, la valeur de l'angle de croisement donne la courbure de ce même arc.

L'arc interne a son sommet dans la clef de voûte; aussi est-ce lui qui donne la mesure de la voûte plantaire. Les deux lignes de poussée de l'arc interne sont constituées (1) : en arrière, par une grande masse de fibres à peu près verticales, continuant celles du tibia et traversant le corps de l'astragale et du calcaneum. « Arrivées aux tubérosités calcaneennes, ces fibres sont coupées à angles droit par d'autres fibres curvilignes, qui nous représentent les tendons d'Achille et ceux des muscles plantaires rigidifiés, incrustés dans l'os qu'ils doivent mouvoir » (Charpy). En avant, nous trouvons un système de fibres traversant longitudinalement la tête de l'astragale, le scaphoïde, les cunéiformes et leurs métatarsiens.

Ces deux systèmes de fibres descendent de l'astragale où ils se croisent à l'union du corps et du col ; l'angle sous lequel ils se rencontrent dans l'astragale est (nous l'avons vu en étudiant cet os) la vraie mesure de la voûte plantaire. La variation de cet angle

(1) Voir figure donnée par Charpy. *Etudes d'anat. appliquée*, 1892, fig. 24. p. 125.

donnera diverses formes à la voûte et fera distinguer, suivant sa valeur le type plat voûté à 120° et au-dessus ; le type normal voûté à 115° environ ; le type cambré voûté à 110° . Au-dessous de 110° , Charpy considère le pied comme déformé.

Ainsi constituée, la voûte plantaire a son intégrité assurée par les ligaments et les muscles qui l'entourent.

B. — *Physiologie de la voûte plantaire.* — Esquissons-la rapidement : Le rôle de la voûte plantaire est tout mécanique ; c'est de remplir les meilleures conditions possibles pour soutenir le poids du corps pendant la station verticale et durant la marche.

Ce but est atteint au plus haut degré de perfectionnement chez l'homme, parce que seul de tous les animaux il se tient et marche sur une voûte bien constituée. Dans ses belles études sur l'homme avant l'histoire (1), Debierre dit « Le pied de singe est aussi bien un pied par ses os, par ses muscles, par ses vaisseaux, par ses nerfs, que celui de l'homme » ; il aurait pu ajouter que celui-ci se distinguait par la conformation de sa voûte.

Chatin (2) dit simplement « c'est principalement sur les dernières portions des membres que portent les variations corrélatives de leurs diverses adaptations fonctionnelles ». Bell Pettigrew (3) dans ses re-

(1) DEBIERRE. — L'homme avant l'histoire. Paris 1888.

(2) CHATIN. — Organes de relation chez les vertébrés.

(3) BELL PETTIGREW. — La locomotion chez les animaux 1887.

cherches sur la locomotion des animaux ne dit rien de la voûte plantaire.

Certains animaux, il est vrai, sont plantigrades ; on ne peut même contester à certains singes anthropoïdes d'avoir une voûte, car leur plante est cintrée ; mais cette voûte est un organe de préhension qui leur sert notamment à grimper, et ne leur est que d'une faible utilité pour la marche et le soutien du poids du corps ; les singes anthropoïdes appuient surtout sur le bord externe du pied, et n'amènent que rarement le bord interne au contact du sol, marchant ainsi non sur un arc, mais sur un plateau horizontal formé par le calcanéum, le cuboïde et le cinquième métatarsien ; le tarse sert à l'appui, le métatarse à la préhension (Charpy).

Donc, seul l'homme possède une voûte plantaire. Pendant la station, le rôle principal revient à la voûte externe ; la transmission du poids du corps se fait en arrière par le corps de l'astragale, en avant par la tête astragaliennne qui appuie sur la grosse apophyse et indirectement sur le troisième cunéiforme et le troisième métatarsien, lesquels viennent butter contre le cuboïde et le quatrième métatarsien. La résistance à la disjonction se fait par le ligament en Y, le ligament calcaneo-cuboïdien inférieur et le tendon du long péronier latéral passant sous le cuboïde au point qui correspond à la pression du cunéiforme. Le calcanéum, os court et massif, est organisé pour supporter les trois quarts de la charge totale. Ce qui montre bien que l'arc externe soutient à l'état normal, à peu près seul, le poids du corps, c'est que le

moindre valgus (appui sur l'arc interne) est pire qu'un varus extrême (Charpy).

Pendant la marche, c'est à l'arc interne que revient la première place. C'est lui qui porte le corps dans les exercices délicats tels que la danse, le saut, le dernier temps de la marche. Cet arc forme un appareil de mouvements, un ressort élastique, concentrant à un moment donné tout le corps sur l'appui étroit du gros orteil, et le lançant avec vigueur et rapidité.

Cruveilhier, dans son *Ostéologie*, dit en propres termes : « Ce n'est pas spécialement au mécanisme « des voûtes que se rapporte la disposition du tarse ; « elle a surtout pour objet d'offrir une excavation « protectrice à des organes qui ne seraient pas com- « primés impunément dans la station et la progres- « sion ». A cela nous pouvons répondre que de simples gouttières suffiraient pour la protection des nerfs et des vaisseaux ; celle-ci, loin d'avoir tout dirigé, ne se trouve réalisée que par surcroît.

Dans son traité sur « l'Utilité des parties », Galien donne deux buts à la cavité plantaire : *a*) maintien de l'équilibre du corps ; *b*) préhension du sol, par analogie avec la main ; c'est même à cette dernière fonction que Galien donne la plus grande importance. Les orteils seraient surtout utiles dans les lieux escarpés et inclinés. Cette vue de l'esprit tombe devant les objections suivantes : la forme oblique de la cavité plantaire s'adapte mal à la préhension ; les individus marchant pieds nus, chez qui, par conséquent, cette fonction s'exercerait au plus haut degré

ont, au contraire, les pieds plus plats que les races civilisées.

Nous concluerons donc que toute l'utilité de la voûte réside dans le soutien et la translation du corps : comme soutien, on a une résistance au moins double de celle d'un plateau horizontal, comme mouvement, on a obtenu un ressort élastique.

En observant les pieds absolument plats de certains rachitiques, on voit combien est lourde et traînante la démarche d'un pied dépourvu de voûte. Une femme aux formes élégantes, avec un pied naturellement cambré, montre ce qu'est un pied bien voûté ; « elle marche avec grâce, et la grâce est une des formes les plus heureuses du mouvement ».

Cet aperçu anatomique et physiologique nous montre quelle importance a l'évolution normale de l'astragale dans la bonne constitution de la voûte et dans son bon fonctionnement, puisque par sa hauteur cet os donne l'élévation même de la voûte, et que par son angle d'inclinaison il gouverne lui-même la cambrure du pied. Ce sont là les deux éléments qui donnent au pied sa force et son élasticité, si bien que nous pouvons considérer l'anatomie et la physiologie de la voûte plantaire comme étant sous la dépendance de la structure, de la position et des rapports de l'astragale.

C. — Nous venons d'admettre que l'astragale dominait l'anatomie et la physiologie de la voûte plantaire ; forcément toute modification dans la structure, dans la position ou dans les rapports de l'astragale va pro-

duire des différences de forme et des désordres du côté de cette voûte, Etudions les unes et les autres.

Au point de vue de la forme, nous distinguerons le pied creux et le pied plat ; entre les deux se place le pied normal, celui dont la cambrure est voûtée à 115°. Le pied normal est donné par une moyenne ; il réalise à la fois de bonnes conditions de solidité et d'élasticité ; mais peut-on dire qu'il est le plus avantageux ? Cela est relatif avec l'individu ; l'on peut dire que la forme la plus avantageuse est celle qui s'adapte le mieux à la vie extérieure de l'organisme qu'elle sert. C'est ainsi qu'une jeune mondaine préférerait sacrifier à la solidité et être dotée d'un pied cambré, apanage d'une démarche élégante ; par contre, le même calcul ne guiderait sans doute pas le choix d'un paysan montagnard obligé à effectuer de longues marches.

Pied creux. — Il est caractérisé par l'exagération de la voûte plantaire, cambrée aux environs de 110°, et par la saillie prononcée du cou-de-pied. Son angle étant plus petit, le sommet de la voûte est plus élevé ; les talons antérieur et postérieur tendent à rapprocher leurs points d'appui. Ce que le pied gagne en hauteur il le perd en longueur ; ce double mouvement est très bien représenté dans un trépied photographique, schéma des piliers de la voûte plantaire. Dans un trépied semblable nous savons que le sommet, point d'appui de l'appareil, va s'élever au fur et à mesure que l'on rapprochera les pieds les uns des autres. L'empreinte du pied creux comprend deux parties,

antérieure et postérieure, réunies par une bande externe plus en moins accusée ; celle-ci peut disparaître complètement dans les cas les plus prononcés, le rebord externe restant, lui aussi, au-dessus du sol. Les points d'appui étant conservés la marche est, en général, très facile ; mais, dans les cas exagérés, le bord externe n'appuyant pas sur le sol on conçoit que la fatigue survienne rapidement. Le pied creux est agile ; son point de contact étant faible il se détachera facilement du sol et devient un agent précieux pour la course de vitesse. « Il a l'élégance des surfaces arrondies et des mouvements courts. Supprimez l'appui postérieur, dit Charpy, le contact diminue encore, le pied porte sur la pointe ; la pointe est un ressort, c'est le nerf du saut, de l'élan, de la danse ».

L'étendue de la surface d'appui étant diminuée, la pression est d'autant plus forte au niveau des points sur lesquels elle s'exerce, d'où la fréquence de durillons et de callosités, d'où la fréquence des fractures dites « spontanées » des métatarsiens, comme l'ont montré MM. Destot et Bruant (1). Ces auteurs n'admettent pas pour tous les cas le mécanisme invoqué par MM. les médecins-majors Boisson et Chapotot (2), savoir l'effacement de la courbe transversale du pied, permettant le rapprochement des deuxième et troisième métatarsiens du plan sur lequel se pose le pied.

(1) DESTOT et BRUANT. — *Province Médicale*, 3 juin 1897.

(2) BOISSON et CHAPOTOT. — Du pied forcé, *Province Médicale*, février-mars, 1899.

M. le docteur Destot, frappé de deux observations de fractures spontanées survenues chez des civils qui ne présentaient par les conditions incriminées (ni fardeaux supportés ni marches exagérées), a examiné la forme des pieds et a trouvé qu'il s'agissait de pieds creux ; les malades examinés par M. le médecin-major Bruant présentaient la même condition. Chez les civils de M. le D^r Destot, la fracture s'était produite dans un cas au bout de deux kilomètres, dans l'autre en jouant simplement sans aucune marche. Les examens de radiographies prises en profil montrent un angle d'inclinaison astragalien de 111° et 113° ; le calcanéum n'a pas sa position normale ; son bord supérieur est raccourci, et au lieu de se diriger horizontalement en arrière, il est très oblique en bas ; l'arc externe du pied est lui aussi très accentué ; la direction du cuboïde et du cinquième métatarsien forme, avec le bord inférieur du calcanéum, un angle plus marqué que d'ordinaire et, par suite de cette direction, on voit que le calcanéum forme un talon plus étroit que d'habitude, un talon avalé.

En raison de cette obliquité, le poids du corps se porte plus sur les orteils, les sujets sont digitigrades, et si l'on soumet au godillot égalitaire un pareil pied, on voit que non seulement les deux branches antérieures du pied tendront à s'écarter (Boisson et Chapotot), mais que le poids du corps reposant sur une petite base postérieure, le maximum de la charge se trouvera en avant. C'est cette forme du pied qui est la cause pathogénique la plus importante des fractures spontanées ; en recherchant dans les pieds qui

souffrent à la suite d'une marche prolongée, on constate qu'il s'agit très souvent de pieds creux ; la conclusion pratique serait, au moment du recrutement, de diriger les sujets qui présentent cette forme dans la cavalerie.

Le pied creux est-il une forme originelle ou acquise ? M. le docteur Delore (1) avance que c'est le pied-type de l'homme. Charpy estime qu'il est acquis individuellement, et cela grâce à des chaussures cintrées où se moule le pied dès l'enfance ; il justifie son assertion en faisant remarquer que les sujets marchant pieds nus ou avec des chaussures sans talon, ont la forme plate ; l'augmentation de cambrure due à nos chaussures modernes serait de 5° environ. Le même auteur constate, cependant, que sur quelques enfants se dessine un type plus fin et plus cambré, qu'on peut considérer comme un héritage des formes acquises par leurs parents. Il semble que là soit la vérité. En regardant les belles statues antiques, on remarque que c'est la forme plate de 115° à 120° qui prédomine de beaucoup : telle était la forme originelle. Les chaussures à talon élevé apparaissant, leur forme cintrée a appuyé sur la face inférieure de la voûte ; elles ont influencé l'évolution du squelette, refoulant en haut la partie antérieure du calcanéum et la postérieure des métatarsiens ; l'astragale, se trouvant au milieu, a dû adapter sa forme à cette évolution, et pour maintenir ses rapports normaux avec les surfaces articulaires voisines,

(1) DELORE. — *Loc. cit.*

il a peu à peu augmenté la courbure de son angle d'inclinaison; ainsi a été créée une modification architecturale du pied, laquelle se transmet aux descendants par l'hérédité, et qui est considérée depuis le XVIII^e siècle « comme un des caractères de l'élégance oisive et aristocratique ».

Pied plat. — C'est celui dont la voûte plantaire a disparu en partie ou d'une façon complète, et qui en raison de cette conformation donne, en appuyant sur le sol dans la station verticale, une empreinte répondant à la plus grande partie ou à la totalité de sa face plantaire. Avant d'aller plus loin, disons que nous pouvons distinguer trois sortes de pieds plats. (a) Le pied plat proprement dit (*pes planus* des allemands) ou encore pied plat physiologique. (b) Le faux pied plat, qui tout en ayant une voûte plantaire bien conformée donne, par l'aspect extérieur de sa plante fortement garnie de muscles et de graisse et par son empreinte, l'illusion d'un pied plat. (c) Le pied plat pathologique, forme douloureuse, étudiée par Gosselin sous le nom de *tarsalgie des adolescents*, par Duchenne et les auteurs suivants, sous le nom de *pied plat valgus douloureux*. C'est le *pes valgus* ou *pronatus* des allemands.

Le pied plat normal est voûté aux environs de 120°. Son angle étant plus grand, le sommet de la voûte est plus abaissé; la voûte tend à s'effacer et peut même arriver à faire totalement défaut. Les talons antérieur et postérieur tendent à éloigner leurs points d'appui; le pied gagne en longueur ce qu'il perd en

hauteur, et nous pourrions faire, mais en sens inverse, le même raisonnement que nous avons fait pour le pied creux, en assimilant la voûte à un trépied photographique dont on abaisserait la plateforme. L'empreinte montre que la face plantaire porte tout entière ou à peu près sur le sol ; le point de contact étant plus étendu, le pied aura plus de difficulté à quitter le sol, la démarche sera lourde, mais elle se fera sans fatigue, et une telle conformation est reconnue compatible avec le service militaire. Au point de vue de sa structure, un tel pied nous montre un élargissement à maximum au niveau de la base des orteils ; le talon est épais et semble rejeté en arrière ; le premier métatarsien et le calcaneum rapprochent leur axe antéro-postérieur de l'horizontale, et leurs fibres, prolongées par celles de l'astragale, donnent un angle d'inclinaison de 120° environ. Toutefois l'évolution générale d'un tel pied a été normale : l'astragale a, avec les os voisins, des rapports normaux ; le poids du corps est transmis suivant une bonne direction.

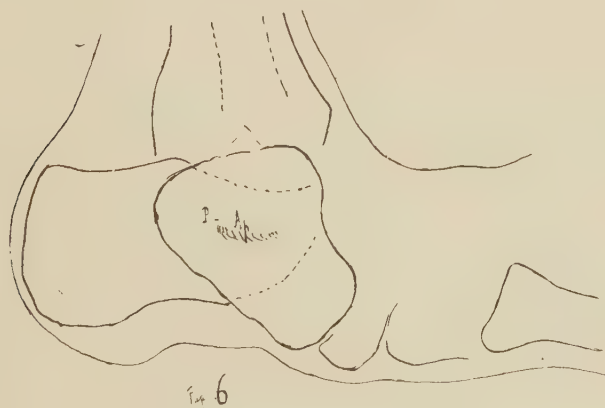
Du faux pied plat nous ne dirons qu'un mot ; en effet, sa voûte est bien conformée, et l'étudier nous forcerait à répéter ce que nous avons dit longuement pour la voûte plantaire. Disons seulement que son aspect est lourd et lui a fait donner le nom de « patte d'ours » ; il est de beaucoup le pied le meilleur pour effectuer des marches longues et pénibles.

Le pied plat valgus douloureux nous retiendra plus longuement. Son empreinte non-seulement répond à toute la surface plantaire, mais elle est agran-

die à la partie interne, qui devrait être respectée par la concavité de la voûte, par un prolongement marquant le point où vient reposer la tête de l'astragale et le tubercule du scaphoïde. L'anatomie pathologique du pied plat valgus douloureux a été fort bien décrite, notamment dans le travail inaugural de M. le médecin-major Toubert. Nous voulons attirer principalement l'attention sur sa pathogénie et montrer, comme nous l'avons avancé dans notre introduction, que cette déformation peut être *dans certains cas* sous la dépendance des phénomènes d'évolution que nous avons étudiés dans notre premier chapitre. M. le professeur agrégé Jaboulay a montré que dans certains pieds plats l'apophyse du calcanéum au lieu de se trouver en avant était placée à côté de la grande facette articulaire; on s'explique ainsi très bien la tendance de l'astragale à glisser en avant et en dedans. Le même résultat sera atteint si aucun mouvement de rotation ne se passe du côté de la mortaise tibio-péronière, et si l'astragale ne subit pas son mouvement de projection en dehors dans le sens horizontal. En effet, que se passera-t-il alors? Le poids du corps va être transmis à un astragale dont la direction générale se dirige plus que de coutume vers le pilier antéro-interne de la voûte; la ligne de gravité étant transportée en dedans de la situation normale, l'arc externe (arc d'appui) va être soulagé aux dépens de l'arc interne (arc de la marche mal organisé pour soutenir de fortes pressions).

L'astragale pressera d'autant plus sur la petite apophyse du calcanéum, et c'est peut-être là la véri-

table cause pour laquelle cette apophyse ne subit pas son évolution normale, tout os subissant un arrêt de développement aux endroits où s'exerce une forte pression (Loi de Hoffa-Wolkmann). L'hypothèse nous semble soutenable. L'astragale n'étant plus dans sa position normale sur son support, va basculer en bas et en dedans ; l'os ne fait pas que s'affaisser dans une direction verticale avec toute la voûte plantaire, mais il subit un mouvement d'inclinaison en avant, de telle sorte que son extrémité antérieure présente le maximum d'abaissement ; on pourrait exprimer très bien ceci dans un langage imagé en disant que l'astragale « pique sa tête » en bas et en dedans. La clef de voûte n'existe plus, l'édifice va s'effondrer.



La figure 6, dessinée d'après une épreuve radiographique de M. le docteur Destot, nous montre la position qu'a pris l'astragale ; c'est le pied gauche d'un valgus pied plat douloureux pris de profil. On

voit que la concavité habituelle de la voûte a totalement disparu et même est remplacée par la saillie de la tête astragalienne et du tubercule du scaphoïde appuyant sur le sol ; une ombre (P. Ap.) indique la situation de la petite apophyse.



La figure 7, prise après désarticulation tibio-tarsienne, et représentant le tarse vu par sa face supérieure, nous montre très nettement que l'astragale n'a pas subi son mouvement de projection dans le plan horizontal et se trouve placé en porte-à-faux sur la petite apophyse du calcanéum.

CHAPITRE III

Dans le chapitre précédent nous avons étudié l'anatomie, la physiologie et la pathologie de la voûte plantaire, en essayant de montrer quelle part considérable revenait dans toutes ces questions à la série des phénomènes étudiés dans le chapitre premier.

Nous allons chercher si l'on ne pourrait trouver un moyen pratique de connaître la valeur exacte d'une voûte plantaire. Pour cela, après avoir constaté l'intérêt de cette connaissance, et avoir montré combien sont insuffisants ou peu pratiques les procédés employés jusqu'ici, nous proposerons un système nouveau et très rapide de mensuration. Enfin dans un dernier paragraphe, nous nous demanderons si ce même moyen de mesure ne peut servir à reconnaître certaines lésions traumatiques du tarse.

Le degré de résistance et d'agilité d'un pied dépendant de la conformation de la voûte, on comprend combien serait grand l'intérêt qu'on aurait à apprécier rapidement la valeur de cette voûte et par

conséquent du pied lui-même. Au point de vue militaire, par exemple, il serait désirable de pouvoir dire que tel fantassin aura les plus grandes chances de supporter sans gêne les marches fatigantes auxquelles il sera soumis, et que tel conscrit, menacé d'une prompte fatigue de par son pied creux, sera néanmoins parfaitement capable de faire les classes à pied imposées par son service de cavalier.

Au conseil de révision, par exemple, constate-t-on un pied creux? Connaissant les aptitudes de cette forme de pied, on affectera celui qui en est porteur à un service compatible avec cette constitution. Se trouve-t-on en présence d'un pied plat? La question est ici plus délicate, et il s'agit de bien différencier les divers pieds plats que nous avons distingués : le pied plat physiologique, celui dont la voûte est simplement un peu abaissée, mais dont les parties constituantes ont conservé leurs rapports normaux, est compatible avec une longue marche; il est très fréquent dans l'armée « et pousse les cailloux aussi bien que les autres »; il se rencontre d'ailleurs dans la race nègre, et l'endurance de celle-ci à la fatigue est proverbiale. Dans l'instruction du conseil de santé des armées du 27 février 1877, le paragraphe 306 dit en propres termes : « Le pied « plat caractérisé par la déviation du pied en dehors, « avec effacement de la voûte plantaire, saillie « anormale de l'astragale au-dessous de la malléole « interne et projection de l'axe de la jambe en de- « dans de l'axe du pied, peut seul exempter du « service militaire. *Le simple effacement de la*

« *voûte n'est pas un motif d'incapacité de servir* ».

Le faux pied plat pathologique, celui qu'on a dédaigneusement décoré du nom de « patte d'ours », est de beaucoup le pied le plus résistant aux longues marches ; il est très fréquent chez les montagnards, et en Italie parmi les soldats piémontais. Pourvu de muscles puissants, d'une couche graisseuse très épaisse, il serait employé avec avantage dans nos chasseurs alpins. Pour le recrutement de l'armée, les Instructions aux officiers de santé le signalent ainsi : « Beaucoup d'habitants de la campagne ont la plante des pieds plate, sans aucune excavation, et cependant ces hommes sont en général d'excellents marcheurs. Leur forme provient souvent alors de ce que la courbure du pied est remplie par les muscles de la face plantaire qui ont pris un accroissement insolite ; cette circonstance *prouve l'énergie de la puissance locomotrice* ».

Le pied plat valgus douloureux, avec effondrement de la voûte, saillie anormale de la tête astragaliennne est un cas d'exemption du service militaire, nous venons de le voir, de par l'instruction du conseil de santé de l'armée.

En restant dans le domaine militaire, nous pouvons dire que la connaissance de la conformation plantaire pourrait également aider à confectionner des chaussures appropriées à chaque pied, et faciliter ainsi la marche du soldat. Nous avons vu le godillot égalitaire contribuer aux fractures spontanées des métatarsiens dans le pied creux qu'il soutient mal ; en appuyant, au contraire, d'une façon exagérée sur

la face inférieure d'un pied plat, sa cambrure ne peut que détruire les avantages attribués à la voûte, c'est-à-dire neutraliser son élasticité et comprimer muscles, vaisseaux et nerfs, comme l'a fait remarquer Starcke, de Berlin. Il y aurait donc grand intérêt à confectionner des chaussures appropriées à chaque pied. On trouve dans les lettres du maréchal de Saxe, des considérations intéressantes sur les chaussures des fantassins. Voyant combien les chaussures peuvent causer d'entraves à une bonne marche, préoccupé d'éviter ces inconvénients à ses troupes puisque, comme devait le dire Napoléon « on gagne les batailles avec les jambes de ses soldats », le maréchal recommandait l'usage de socques de bois, maintenues par des lanières. On donnerait ainsi au pied toute son aisance; chacun pourrait se tailler la cambrure de son pied, et éviterait les compressions douloureuses, en même temps que les blessures par les aspérités du sol. Dans un article paru dans les *Archives de Médecine et de Pharmacie Militaires* de 1892, M. le médecin-inspecteur Nogier a attiré de nouveau l'attention sur ce point (1). Mais, pour ce faire, il faudrait encore pouvoir apprécier, d'une façon rapide, la conformation de la voûte plantaire.

Les procédés employés jusqu'ici sont insuffisants ou peu pratiques. Pour mesurer la voûte du pied sur le vivant, les chirurgiens se servent depuis longtemps

(1) NOGIER. — Morphologie du pied. *Archives de Méd. et de Pharm. Militaires*, 1892.

de l'empreinte qu'elle laisse sur un plan résistant horizontal. Koenig (1), Volkmann n'avaient pas d'autre procédé. Le pied creux donne deux appuis séparés, appui métatarsien et appui talonnier. Dans le pied normal, ces deux appuis se rejoignent par une bande externe laissant une « empreinte décidée » ; enfin, le pied plat donne une empreinte répondant à la plus grande partie de la face plantaire. Cette manière de procéder est assez pratique, mais elle ne répond pas à la réalité, au moins dans tous les cas : la patte d'ours, en effet, donne ainsi l'illusion d'un pied plat, alors que son degré de cambrure peut être normal.

Charpy conseille de mesurer l'angle compris entre les deux portions de l'arc qui la constitue sur son côté interne ; les deux lignes de poussée de l'arc interne sont représentées par les deux systèmes de fibres qui descendent de l'astragale, « l'angle sous lequel elles se croisent est la vraie mesure de ce côté de la voûte ». Ce procédé est de beaucoup le plus précis que l'on puisse trouver. Sur le cadavre, on fait une coupe antéro-postérieure suivant le milieu de l'astragale, et la direction des fibres est mesurée très facilement. Sur le vivant, le seul procédé donnant une appréciation aussi exacte consiste à prendre une épreuve radiographique du profil interne du pied ; la direction des fibres entrant dans la constitution des divers os est des plus nettes, ainsi que nous l'avons constaté par la simple vue des nombreuses

(1) KŒNIG. — *Loc. cit.*

épreuves tirées par M. le docteur Destot. Pour en être précieux, le procédé radiographique, demandant une installation spéciale, n'en est pas moins inapplicable en pratique courante.

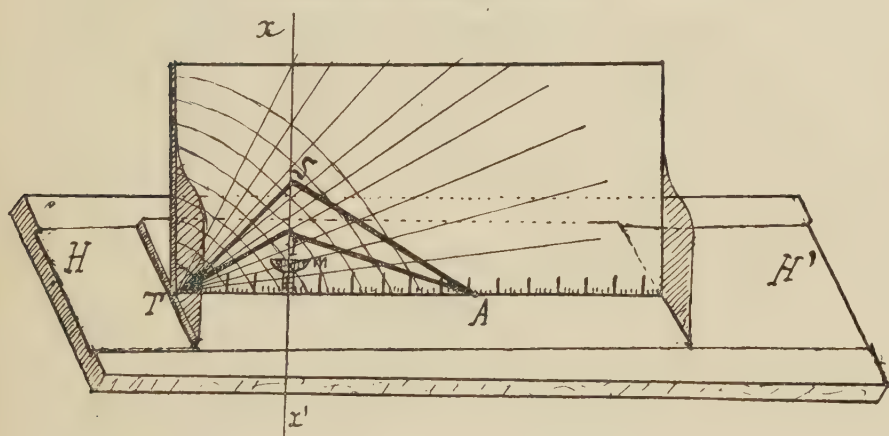
Charpy, afin de mesurer l'angle cherché, donne certains points de repères extérieurs; mais ces repères (dépression du col astragalien, point le plus saillant du talon, pli digito-palmaire du gros orteil) demandent une certaine habileté pour être fixés avec précision.

Nous proposons un appareil qui nous semble réunir les qualités désirables : données exactes sur la constitution et la valeur de la voûte plantaire ; connaissances de ces données d'une façon essentiellement pratique et rapide. L'appareil est simple, portatif; M. le docteur Destot propose de lui donner le nom de Cambruromètre. Il se compose d'une planche horizontale HH' sur laquelle est clouée une pièce de drap imbibée d'encre à tampon, ce qui permet d'obtenir immédiatement, par simple application d'une feuille de papier sous le pied, une empreinte très exacte.

Le point fondamental est la recherche d'une ligne verticale xx' passant par le bord antérieur du tibia, et venant couper l'astragale en deux points principaux répondant au bord supérieur et au bord inférieur du col et donnant la position de cet os au-dessus de l'horizon.

Une touche mobile m contenue dans un tube gradué en millimètres est placée dans la concavité de la voûte plantaire, à sa partie la plus élevée. Le

point où s'arrêtera cette touche donnera la hauteur maxima de la face inférieure de la voûte. Une règle en T renversé, glissant sur la planche basale, permet de trouver le point le plus reculé du talon ; ce T porte dans sa branche verticale une série de mesures concentriques et un quadrant rapporteur d'angle ; enfin cette branche du T porte une règle qui permet de lire la longueur totale du pied en même temps que la longueur du gros orteil.



On a ainsi : 1^o l'empreinte totale indiquant la forme, 2^o la longueur totale ; 3^o la hauteur du cou-de-pied ; 4^o l'angle que forme ce coup-de-pied avec le talon et avec la ligne d'appui antérieure ; 5^o enfin la hauteur de la face inférieure de la voûte et l'angle formé en réunissant le dernier point ainsi obtenu au talon et au point d'appui antérieur. — On a ainsi les éléments nécessaires pour apprécier immédiatement la valeur du pied. — L'appareil est double ; on y fait mettre

les deux pieds joints ; s'il existe quelques différences entre les pieds, elles se perçoivent par simple comparaison. Le schéma ci-contre réunit toutes ces données ; l'on peut voir que la hauteur réciproque des deux triangles de même base ainsi obtenus T S A-T I A servira de classification à tous les pieds présentés.

Exemple : le faux pied plat montrera une hauteur très grande du triangle T S A, alors que le triangle T I A aura une très petite hauteur. Il ne faut pas oublier que les hauteurs de la voûte sont comprises entre des limites très étroites ; la moyenne est de quinze à vingt millimètres. Quand la concavité dépasse en hauteur ce dernier chiffre, on a un pied creux ; quand on est au-dessous de quinze, on entre dans les pieds plats.

Le cambruromètre présente donc l'avantage de donner des procédés d'impression très pratiques et très simples ; on peut arriver ainsi à donner des formules de pieds qui, répandues d'une façon générale, seraient très utiles, soit au point de vue anthropométrique, soit au point de vue plus pratique de la confection rationnelle des chaussures.

Le même appareil ne pourrait-il rendre des services en clinique, et contribuer à la connaissance des lésions traumatiques du tarse ? Puisque le cambruromètre donne l'architecture exacte du pied, on pourrait répondre a priori par l'affirmative, au moins pour les lésions qui détruisent cette architecture. Nous envisagerons les fractures du calcanéum, de l'astragale, et les luxations médio-tarsiennes.

Sans vouloir entrer ici dans les discussions au sujet des diverses variétés de fracture du calcanéum, on peut dire que la plupart d'entre elles relèvent du mécanisme de l'écrasement, et que, en dehors de celles, fort rares, consécutives à un arrachement par le triiceps sural, elles succèdent à des chutes sur la plante des pieds. Il est souvent très difficile de se prononcer entre une contusion, une entorse ou une fracture. On donne comme signe pathognomonique (les gouttières rétro-malléolaires ayant disparu) l'élargissement du talon saisi à pleine main, le malade étant agenouillé. En dehors de ce signe et des différents symptômes cliniques communs à toutes les fractures (ecchymose, gonflement etc.) un signe excellent est la déformation de la voûte plantaire. Dans ces cas, en effet, le pilier postérieur du trépied s'affaisse, et la comparaison des deux pieds permet de montrer que la voûte a perdu de sa valeur, alors qu'il n'en est pas de même dans d'autres traumatismes portant sur le tarse postérieur, et qui au point de vue objectif présentent les plus grandes similitudes. Cet affaissement de la voûte est un point capital ; les classiques conseillent de prendre l'empreinte du pied pour l'exprimer graphiquement avec une grande netteté. Le cambruromètre nous donnera une valeur nulle du triangle T I A, tandis que le triangle T S A peut avoir conservé sa valeur en raison du gonflement post-traumatique lequel marque parfois la descente de l'astragale. La comparaison avec le pied opposé sera des plus instructives.

Dans les fractures de l'astragale, on observera un

déplacement du point S par rapport au point I dans le sens horizontal; dans une fracture de l'astragale succédant à une chute, le pied étant en extension forcée, M. le Docteur Destot a observé en même temps que la subluxation du pied en avant le déplacement du point S de notre schéma.

Il est une autre variété d'affection traumatique au sujet de laquelle le cambruromètre pourra rendre des services. Dans deux observations publiées l'une dans la *Province Médicale* de 1898 par MM. Destot et Durand, l'autre dans le même journal du 2 décembre 1899 par M. le professeur Maurice Pollosson, on a noté des luxations médio-tarsiennes. La rareté de cet accident n'est peut-être pas aussi grande que l'indiquent les classiques; mais son allure clinique est tellement simple qu'il échappe à une observation superficielle. Dans les deux cas que nous signalons, ce fut la radiographie qui permit seule de faire un diagnostic ferme. Chez le malade de M. le Professeur Maurice Pollosson, l'atténuation des symptômes augmentait les difficultés. La saillie du cou-de-pied était exagérée; la voûte avait disparu et se trouvait remplacée par une voussure telle que les extrémités du pied ne reposaient pas sur le sol; en même temps la longueur totale du pied était diminuée de un centimètre.

Qu'a donné notre schéma? Le point S plus élevé et plus antérieur, le triangle TIA nul. En ajoutant à ces signes le peu de symptômes fonctionnels, on aurait eu un ensemble de données peut-être suffisantes pour éclairer rapidement ses recherches. Malheureusement M. le docteur Destot a fait cette mensuration

alors qu'il était déjà renseigné par la radiographie.

La liste des changements de la voûte pourrait être augmentée facilement. Nous nous contentons d'indiquer les renseignements encore rares qu'on a déjà tirés de ce mode d'investigation. Nous avons cherché à le rendre complet et en même temps d'une application essentiellement pratique, en associant des données nouvelles de mensurations aux données déjà connues des empreintes.

CONCLUSIONS

I. — La bonne architecture du pied est sous la dépendance de l'accomplissement normal de l'évolution de l'astragale, clef de la voûte plantaire. Cette évolution est le résultat de phénomènes se passant d'une part au niveau de l'astragale lui-même, d'autre part au niveau de la mortaise tibio-péronière et du calcanéum.

II. — Les conditions de résistance et d'agilité du pied variant avec la conformation de la voûte plantaire, il importe d'avoir une connaissance exacte de cette conformation, surtout au point de vue militaire.

III. — La mesure exacte de la voûte plantaire peut être donnée *pratiquement* par deux facteurs : a) l'élévation au-dessus du sol de la face supérieure du col de l'astragale ; b) l'élévation au-dessus du sol de la face inférieure du col de l'astragale. Des variations de ces deux hauteurs par rapport au sol, on peut tirer la valeur d'un pied.

IV. -- Les mêmes procédés pratiques, appliqués à la mesure de voûtes déformées à la suite de traumatismes, peuvent donner des signes importants permettant de contribuer au diagnostic de diverses lésions du tarse.

VU :

Le président de la Thèse

SOULIER

VU :

Le Doyen,

LORTET.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

GABRIEL COMPAYRÉ.

BIBLIOGRAPHIE

- BLUM. — Chirurgie du pied.
- BOISSON et CHAPOTOT. — Du pied forcé (*Province Médicale*, février et mars 1899).
- BOUVIER. — Maladies de l'appareil locomoteur (1890).
- CHARPY. — Etudes d'anatomie appliquée. Article : Voûte du pied.
- CHATIN. — Organes de relation chez les vertébrés.
- DÉBIERRE. — L'homme avant l'histoire (1888).
- DECHAMBRE. — Dictionnaire. Article « Locomotion » par Giraud-Teulon. — Article « Pied » par Paulet et Chauvel.
- DELORE. — De la voûte du pied. *Lyon Médical* (15-29 octobre 1899).
- DESTOT et BRUANT. — *Province Médicale* (mai-juin 1899).
- HUETER. — *Archives de Virchow* (1862). Etudes anatomiques sur les extrémités des nouveau-nés et des adultes.
- JABOULAY. — L'épiphyse de l'astragale et l'épiphyse du sca-phoïde (*Lyon Médical*, 1899).
- JACCOUD. — Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques. Articles : pied, orthopédie.
- KENIG. — Traité de Pathologie chirurgicale.
- KUMMER. — Remarques sur la physiologie de la station et de la marche chez l'homme. *Revue de Chirurgie*, 1891. Article : Tarsologie postérieure.

- KUSTNER. — *Archives de Langenbeck* (1880) : Sur les formes du pied du nouveau-né.
- LORENZ. — Der erworbene Plattfuss, 1883. Stuttgart.
- MEYER. — Der architectur der Spongiosa (*Archives für Anat. and Physiol.* 1867).
- MEYER. — Statik and Mechanik des menschlichen Fusses, Iena, 1886.
- MORESTIN. — *Bulletin Société anatomique* 1894.
- NOGIER. — Morphologie du pied. *Archives de médecine et de pharmacie militaire*, 1892.
- OLLIER. — *Lyon médical*, 1881.
- POIRIER. — Anatomie humaine.
- RÆTTERER. — Contribution au développement du squelette des extrémités (*Journal de l'Anatomie*, 1888).
- T RRASSE. — Ankylose astr. calc, scaph. et le pied plat valgus douloureux.
- TESTUT. — Anatomie humaine.
- THOMPSON. — The influence of posture on the forme of the articular surfaces of the tibia and astragalus in the different races of man and higher apes (*Journal of Anat. and Physiol.* t. XXIII, 1889).
- THORENS. — Thèse de Paris 1873.
- TILLAX. — Anatomie topographique.
- TOUBERT. — Contribution à l'étude anatomo-path. et pathogénique du pied plat acquis (Thèse Lyon 1890).

